

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

⑪ N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

**2 766 813**

**97 09882**

(51) Int Cl<sup>6</sup>: C 02 F 11/06, C 02 F 1/78, 3/30, B 01 F 7/18

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫

②② Date de dépôt : 01.08.97.

③③ Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 05.02.99 Bulletin 99/05.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *DEGREMONT* — FR.

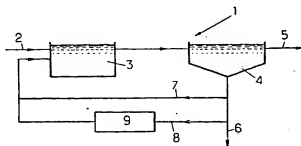
(72) Inventeur(s): THIEBLIN ERIC, PUJOL ROGER et  
HAUBRY ANDRE.

⑦ Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

(54) PROCÉDÉ ET DISPOSITIF D'ÉPURATION D'EAUX USEES COMPRENANT UN TRAITEMENT ADDITIONNEL DES BOUES PAR OZONATION.

57) Il s'agit d'un procédé d'épuration d'eaux usées, dans lequel les eaux usées subissent un traitement biologique (en 3) en produisant des boues, une partie de ces boues étant recyclées vers le traitement biologique en étant soumises à une ozonation combinée avec une agitation mécanique (en 9). On apporte une énergie mécanique d'agitation comprise entre 600 et 14400 kJ par m<sup>3</sup> de boues ainsi traitées.



FR 2 766 813 - A1

~~Best Available Copy~~



Procédé et dispositif d'épuration d'eaux usées comprenant un traitement additionnel des boues par ozonation.

5           La présente invention est relative aux procédés et dispositifs d'épuration d'eaux usées comprenant un traitement additionnel des boues par ozonation, de façon à réduire de façon significative les quantités de boues produites par un système de traitement biologique, en particulier pour réduire le coût de traitement de ces boues résultant de nouvelles réglementations.

10           Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé d'épuration d'eaux usées chargées en matières organiques, procédé comprenant une étape au cours de laquelle les eaux usées séjournent dans un dispositif de traitement biologique, dit dispositif principal de traitement biologique (constitué par un ou plusieurs réacteurs tels que bassins d'aération, lits bactériens, digesteurs anaérobies, clarificateurs, etc., mettant en œuvre un traitement biologique associé éventuellement à un traitement physico-chimique), où lesdites matières organiques sont dégradées par des micro-organismes en produisant des boues, une partie de ces boues étant soumise à une ozonation combinée avec une agitation mécanique avant d'être renvoyées dans le dispositif principal de traitement biologique, les boues ainsi soumises à ozonation étant dites ci-après "boues retraitées".

20           Le document EP-A-0 645 347 décrit un tel procédé, dans lequel l'ozonation a lieu après acidification des boues retraitées à un pH inférieur à 5, l'agitation mécanique étant mise en œuvre soit au cours du processus d'acidification pour mélanger les boues retraitées à un

réactif d'acidification, soit par pompage en vue de pulvériser une partie des boues retraitées dans le réacteur d'ozonation.

Le procédé décrit dans ce document présente notamment les inconvénients de nécessiter des quantités d'ozone relativement élevées, et de perturber le fonctionnement du dispositif principal de traitement biologique du fait de l'acidification des boues retraitées.

La présente invention a notamment pour but de pallier ces inconvénients.

A cet effet, l'invention propose un procédé qui est essentiellement caractérisé en ce qu'on apporte auxdites boues retraitées une énergie mécanique suffisante pour attaquer les parois des bactéries contenues dans ces boues retraitées.

Grâce à ces dispositions, l'efficacité du traitement d'ozonation est amélioré par rapport au procédé décrit dans le document susmentionné, du fait que l'énergie d'agitation mécanique apportée aux boues retraitées est suffisante pour fragiliser le floc et les parois cellulaires des micro-organismes contenus dans lesdites boues retraitées, afin de permettre une attaque plus efficace de ces micro-organismes par l'ozone. La déstructuration du floc résulte de l'attaque des exopolymères assurant la cohésion dudit floc et entraîne l'éclatement de diverses bactéries et protozoaires.

Ainsi, on peut utiliser des quantités d'ozone nettement moindres que dans le procédé décrit dans le document susmentionné.

De plus, il n'est pas nécessaire d'acidifier les boues retraitées, de sorte que l'on ne perturbe pas le bon

fonctionnement du dispositif principal de traitement biologique.

Par ailleurs, le fait de ne pas devoir acidifier les boues retraitées améliore encore le rendement du processus d'ozonation.

Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- on apporte aux boues retraitées une énergie mécanique d'agitation comprise entre 600 et 14400 kJ par m<sup>3</sup> de boues retraitées ;
- le pH des boues retraitées est toujours compris entre 6 et 9 ;
- l'agitation mécanique des boues retraitées a lieu avant leur ozonation ;
- l'agitation mécanique des boues retraitées a lieu après leur ozonation ;
- l'agitation mécanique et l'ozonation des boues retraitées ont lieu dans une même enceinte réactionnelle ;
- un certain débit de boues retraitées, dit premier débit, est prélevé en sortie d'un réacteur d'ozonation des boues retraitées, ce premier débit subissant alors l'agitation mécanique, ledit premier débit étant ensuite renvoyé au réacteur d'ozonation avec un certain débit supplémentaire de boues provenant du réacteur biologique principal, dit deuxième débit, le deuxième débit étant inférieur au premier débit ;
- les boues retraitées subissent une digestion aérobie ou anaérobie en plus de l'ozonation et de l'agitation mécanique ;
- la digestion aérobie ou anaérobie a lieu après ozonation et agitation mécanique ;

- un certain débit de boues retraitées est prélevé en sortie d'un digesteur où est mise en oeuvre la digestion aérobie ou anaérobie des boues retraitées, ce débit de boues retraitées subissant alors l'agitation mécanique et l'ozonation avant d'être renvoyé au digesteur avec un certain débit supplémentaire de boues provenant du réacteur biologique principal ;

- on envoie au dispositif principal de traitement biologique seulement une partie des boues retraitées ayant subi la digestion anaérobie, et on évacue une autre partie des boues retraitées sortant du digesteur anaérobie ;

- l'étape d'ozonation est mise en oeuvre dans un réacteur d'ozonation qui comporte au moins un évent d'où sort un effluent gazeux comprenant au moins de l'ozone et de l'oxygène, le procédé comportant en outre une étape consistant à collecter cet effluent gazeux, et à réutiliser ledit effluent gazeux pour traiter les eaux usées ou un autre liquide résultant du traitement de ces eaux usées ;

- on détruit l'ozone contenu dans l'effluent gazeux collecté en sortie de l'évent, avant de réutiliser ledit effluent gazeux, la destruction de l'ozone pouvant s'effectuer par voie thermique ou catalytique.

Par ailleurs, l'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé tel que défini ci-dessus, ce dispositif comprenant un réacteur d'ozonation travaillant sous pression, dans lequel est réalisée l'ozonation des boues retraitées.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante de plusieurs de ses formes de réalisation, données à titre d'exemples non limitatifs, en regard des dessins joints.

Sur les dessins :

- la figure 1 est une vue schématique d'une installation de traitement d'eaux usées mettant en oeuvre un procédé selon une forme de réalisation de l'invention,
- 5 - les figures 2 à 4 sont des schémas bloc montrant plus en détail le contenu de l'ensemble 9 de la figure 1,
- les figures 5 à 8 sont des vues schématiques montrant plus en détail le contenu du dispositif 10 des figure 2 à 4, dans lequel est mis en oeuvre le traitement combiné d'ozonation et d'agitation mécanique des boues re-
- 10 traitées,
- et la figure 9 est une vue similaire à la figure 1, pour une autre forme de réalisation de l'invention.
- 15

Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

La figure 1 représente très schématiquement une station d'épuration 1 d'eaux usées comprenant :

- 20 - une arrivée 2 d'eaux usées chargées en matières organiques,
- un ou plusieurs réacteurs de traitement biologique, par exemple un bassin d'aération 3 dans lequel lesdites matières organiques sont dégradées par des micro-
- 25 organismes en produisant des boues, ce bassin d'aération 3 pouvant être le cas échéant associé à ou remplacé par un ou plusieurs autres dispositifs de traitement biologique tels que réacteurs à cultures fixées, digesteurs anaérobies, ou autres,
- 30 - un clarificateur 4, ou tout autre système de séparation solide-liquide, qui reçoit les eaux usées après

leur passage dans le bassin d'aération 3 et qui sépare l'eau et les boues,

- une sortie d'eau traitée 5, qui recueille l'eau en sortie du clarificateur 4,
- 5     - une évacuation de boues 6, qui recueille les boues en sortie du clarificateur 4,
- une première boucle de recyclage 7, qui recueille une partie des boues au niveau de l'évacuation 6 et qui recycle ces boues en tête du bassin d'aération 3,
- 10    cette première boucle de recyclage 7 pouvant le cas échéant être supprimée (cette boucle de recyclage peut par exemple assurer un débit représentant de 50 à 300 % du débit nominal d'effluent urbain ou industriel traité par la station d'épuration),
- 15    - une deuxième boucle 8 de dégradation des boues, qui recueille également une partie des boues au niveau de l'évacuation 6 et qui renvoie ces boues en tête du bassin d'aération 3 après passage dans un ensemble 9 de traitement de boues où lesdites boues subissent au moins un
- 20    traitement combiné d'ozonation et d'agitation mécanique.
- Comme représenté sur les figures 2 à 4, l'ensemble 9 de traitement de boues peut comprendre :
  - soit uniquement un dispositif 10 d'ozonation et d'agitation mécanique (figure 2),
  - 25    - soit un digesteur aérobie ou anaérobie 11 disposé en aval d'un dispositif 10 d'ozonation et d'agitation mécanique (figure 3), une fraction des boues sortant du digesteur 11 pouvant alors le cas échéant être évacuée au lieu de recycler la totalité de ces boues en tête du bassin d'aération 3,
  - 30    - soit un digesteur anaérobie 11 comportant une boucle de recirculation 12 (figure 4) dans laquelle est

intégré un dispositif 10 d'ozonation et d'agitation mécanique, le débit de boues Q4 prélevé au niveau de l'évacuation de boues 6 étant généralement inférieur au débit de boues Q3 qui parcourt la boucle de recyclage 12 entre l'entrée et la sortie du digesteur 11 (comme dans le cas de la figure 3, une fraction des boues sortant du digesteur 11 peut alors le cas échéant être évacuée au lieu de recycler la totalité de ces boues en tête du bassin d'aération 3).

Comme représenté sur la figure 5, le dispositif 10 d'ozonation et d'agitation mécanique comprend :

- un agitateur mécanique 13 consistant généralement en une enceinte 14 comprenant une ou plusieurs turbines 15, ou éventuellement des mixeurs dynamiques, des hydroéjecteurs, un système à ultrasons (agitation par ondes acoustiques) ou tout autre système d'agitation mécanique, la puissance du système d'agitation mécanique étant choisie de façon que l'ensemble 9 de traitement de boues dissipe de préférence une énergie mécanique d'agitation comprise entre 600 et 3600 kJ par m<sup>3</sup> de boues retraitées, cette énergie pouvant aller jusqu'à 14400 kJ/m<sup>3</sup>,

- et un réacteur d'ozonation 16 qui consiste généralement en une enceinte fermée 17 qui reçoit la boue à retraiter et dans laquelle on injecte de l'ozone provenant d'un ozoneur 18, au moyen de buses d'injection 19 (éventuellement remplacées par des diffuseurs poreux, des hydroéjecteurs ou autres), ces buses étant couplées le cas échéant à des mélangeurs statiques ou dynamiques.

L'ozonation consomme globalement de préférence de 0,001 à 0,02 g d'ozone par g de matières sèches contenues dans les boues retraitées qui traversent l'ensemble 9 de traitement de boues (dans le cas où les boues retraitées



passeraient plusieurs fois dans le réacteur d'ozonation 16, la consommation d'ozone susmentionnée serait la consommation totale sur l'ensemble des passages des boues dans le réacteur d'ozonation).

- 5 L'enceinte 17 peut le cas échéant être pressurisée, et fait dans ce cas l'objet de calculs de structure appropriés.

- De plus, cette enceinte 17 comporte un événement 20 d'où sort un effluent gazeux comprenant au moins de l'oxygène et de l'ozone non consommés par le traitement des boues, cet événement 20 pouvant être le cas échéant relié à un dispositif 21 qui détruit l'ozone par chauffage ou par passage sur du charbon actif, ou bien ledit effluent gazeux peut ensuite être réutilisé en un point quelconque de la station d'épuration, par exemple par injection dans les eaux usées en tête du bassin d'aération 3, ou par mise en contact avec tout autre liquide résultant du traitement des eaux usées (eaux traitées en sortie du bassin d'aération ou en sortie du clarificateur, ou autres).

- 20 L'agitateur mécanique 13 et le réacteur d'ozonation 16 sont généralement alimentés en boues par une pompe 22 qui peut le cas échéant participer à l'agitation mécanique des boues, auquel cas la pompe 22 peut avantageusement être de type centrifuge.

- 25 Dans ce cas, l'énergie mécanique d'agitation apportée aux boues par l'agitateur 13 pourra le cas échéant être inférieure à 600 kJ par  $m^3$  de boues retraitées, pourvu que la somme de cette énergie mécanique d'agitation avec l'énergie mécanique apportée aux boues par la pompe 30 22 soit comprise entre 600 et 14400 kJ par  $m^3$  de boues retraitées.

Bien entendu, l'agitateur mécanique 13 et réacteur d'ozonation 16 ne sont pas obligatoirement disposés comme sur la figure 5 ; comme représenté sur les figures 6 à 8, il est possible :

- 5       - de disposer le réacteur d'ozonation 16 en amont de l'agitateur mécanique 13 (figure 6),
- de disposer la turbine 15 ou autre système d'agitation mécanique dans le réacteur d'ozonation 23 lui-même (figure 7), ce réacteur ayant par ailleurs des caractéristiques similaires au réacteur d'ozonation 16 décrit  
10       précédemment,
- de disposer l'agitateur mécanique 13 sur une boucle de recirculation 24 qui prélève un débit Q1 de boues au niveau de la sortie du réacteur d'ozonation 16 et  
15       qui renvoie ce débit Q1 à l'entrée dudit réacteur, le débit Q2 de boues qui est prélevé au niveau de l'évacuation de boues 6 et qui rejoint le débit Q1 à l'entrée du réacteur d'ozonation étant généralement inférieur au débit Q1, et la boucle de recirculation 24 étant généralement dotée  
20       d'une pompe 25 qui peut le cas échéant participer à l'agitation mécanique des boues, comme décrit précédemment pour la pompe 22.

Enfin, comme représenté sur la figure 9, l'ensemble 9 de traitement de boues, avec toutes ses variantes  
25       décrites précédemment, peut éventuellement prélever des boues dans le bassin d'aération 3, et renvoyer les boues retraitées dans le même bassin d'aération.

Plus généralement, l'ensemble 9 de traitement de boues peut prélever les boues à retraiter en un emplacement  
30       quelconque de la station d'épuration après au moins un traitement biologique des eaux usées, et renvoyer au

moins une partie des boues retraitées vers ce traitement biologique.

Enfin, on notera que les boues retraitées ne subissent à aucun moment une acidification, le pH de ces  
5 boues restant toujours supérieur à 5, et de préférence compris entre 6 et 9, de sorte que la réinjection de ces boues dans le traitement biologique de la station d'épuration ne perturbe pas ledit traitement biologique.

REVENDECATIONS

1. Procédé d'épuration d'eaux usées chargées en matières organiques, comprenant une étape au cours de laquelle les eaux usées séjournent dans un dispositif de traitement biologique (3), dit dispositif principal de traitement biologique, où lesdites matières organiques sont dégradées par des micro-organismes en produisant des boues, une partie de ces boues étant soumise à une ozonation combinée avec une agitation mécanique avant d'être renvoyée dans le dispositif principal de traitement biologique (3), les boues ainsi soumises à ozonisation étant dites "boues retraitées",
- caractérisé en ce qu'au cours de l'étape d'agitation mécanique, on apporte auxdites boues retraitées une énergie mécanique suffisante pour attaquer les parois des micro-organismes contenus dans ces boues retraitées.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on apporte aux boues retraitées une énergie mécanique d'agitation comprise entre 600 et 14400 kJ par m<sup>3</sup> de boues retraitées.
3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel le pH des boues retraitées est toujours compris entre 6 et 9.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'agitation mécanique des boues retraitées a lieu avant leur ozonation.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'agitation mécanique des boues retraitées a lieu après leur ozonation.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'agitation mécanique et l'ozona-

tion des boues retraitées ont lieu dans une même enceinte réactionnelle (23).

5 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel un certain débit de boues retraitées (Q1), dit premier débit, est prélevé en sortie d'un réacteur d'ozonation (16, 23) où est mise en oeuvre l'ozonation des boues retraitées, ce premier débit subissant alors l'agitation mécanique, ledit premier débit étant ensuite renvoyé au réacteur d'ozonation (16, 23) avec un certain débit supplémentaire de boues (Q2) provenant du réacteur biologique principal, dit deuxième débit, le deuxième débit (Q2) étant inférieur au premier débit (Q1).

10 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les boues retraitées subissent une digestion aérobie ou anaérobie en plus de l'ozonation et de l'agitation mécanique.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel la digestion aérobie ou anaérobie a lieu après ozonation et agitation mécanique.

20 10. Procédé selon la revendication 8, dans lequel un certain débit de boues retraitées (Q3) est prélevé en sortie d'un digesteur (11) où est mise en oeuvre la digestion aérobie ou anaérobie des boues retraitées, ce débit de boues retraitées subissant alors l'agitation mécanique et l'ozonation avant d'être renvoyé au digesteur (11) avec 25 un certain débit supplémentaire de boues (Q4) provenant du réacteur biologique principal.

30 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel on envoie au dispositif principal de traitement biologique (3) seulement une partie des boues retraitées ayant subi la digestion aérobie ou anaé-

robie, et dans lequel on évacue une autre partie des boues retraitées sortant du digesteur.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape d'ozonation est mise en oeuvre dans un réacteur d'ozonation (16) qui comporte au moins un évent (20) d'où sort un effluent gazeux comprenant au moins de l'ozone et de l'oxygène, le procédé comportant en outre une étape consistant à collecter cet effluent gazeux, et à réutiliser ledit effluent gazeux pour traiter les eaux usées ou un autre liquide résultant du traitement de ces eaux usées.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel on détruit l'ozone contenu dans l'effluent gazeux collecté en sortie de l'évent (20), avant de réutiliser ledit effluent gazeux.

14. Dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, ce dispositif comprenant un réacteur d'ozonation (16) travaillant sous pression, dans lequel est réalisée l'ozonation des boues retraitées.

1/2

FIG. 1.

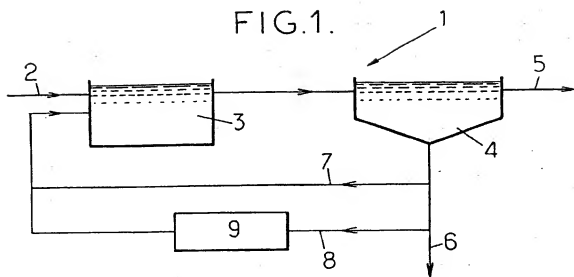


FIG. 2.

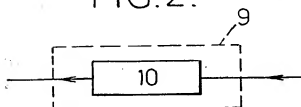


FIG. 3.

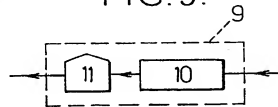


FIG. 4.

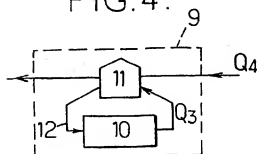
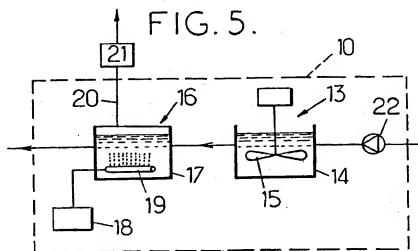


FIG. 5.



Best Available Copy

FIG. 6.

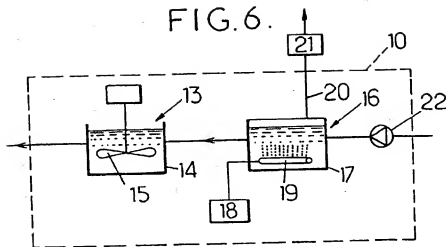


FIG. 7.

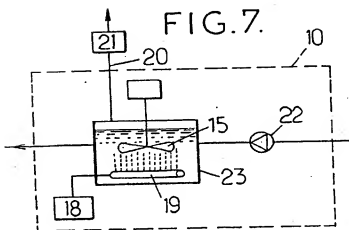


FIG. 8.

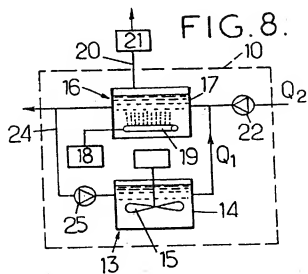
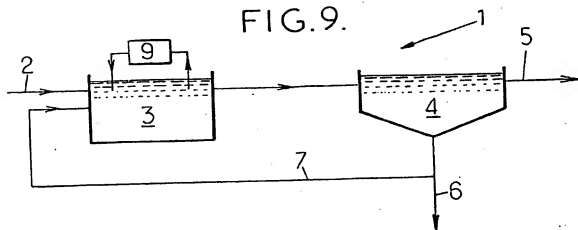


FIG. 9.





INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE  
PRELIMINAIREétabli sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la rechercheFA 547212  
FR 9709882

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	DE 44 07 564 A (GRADL) * colonne 2, ligne 1 - ligne 15 *	1,5,6
A	* colonne 2, ligne 37 - ligne 56 * * colonne 3, ligne 3 - ligne 35; figures 1,2 *	3,8-10
Y	WO 95 13990 A (EA TECH LTD ; LEES MICHAEL IAN (GB); LITTLEWOOD MICHAEL (GB); REID)	1,6,14
A	* page 6, ligne 27 - page 7, ligne 27 * * page 8, ligne 28 - page 9, ligne 3 * * page 13, ligne 25 - page 14, ligne 32; figures *	8,9
Y	US 3 772 188 A (EDWARDS) * colonne 11, ligne 1-3 * * colonne 10, ligne 3 - ligne 63; figure 14 *	1,6,14
A	US 4 370 235 A (SUZUKI ET AL) * le document en entier *	1-14
D, A	EP 0 645 347 A (KURITA WATER IND LTD) * le document en entier *	1-14
A	GB 1 116 570 A (VALDESPINO) * page 2, ligne 17 - ligne 57 * * page 3, ligne 85 - ligne 91 * * page 3, ligne 100 - page 4, ligne 39 * * figures *	1-4,6,8, 9,12,14
A	DE 25 46 756 A (WERNER & PFLEIDERER) * le document en entier *	1-4, 12-14
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
17 avril 1998		Ruppert, G
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X: particulièrement pertinent à lui seul Y: particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A: pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arière-plan technologique général O: divulgation non-écrite P: document intercalaire		
T: théorie ou principe à la base de l'invention E: document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D: cité dans la demande L: cité pour d'autres raisons *: membre de la même famille, document correspondant		

1

EPO FORM 150 (03.92) (P4/C13)

Best Available Copy